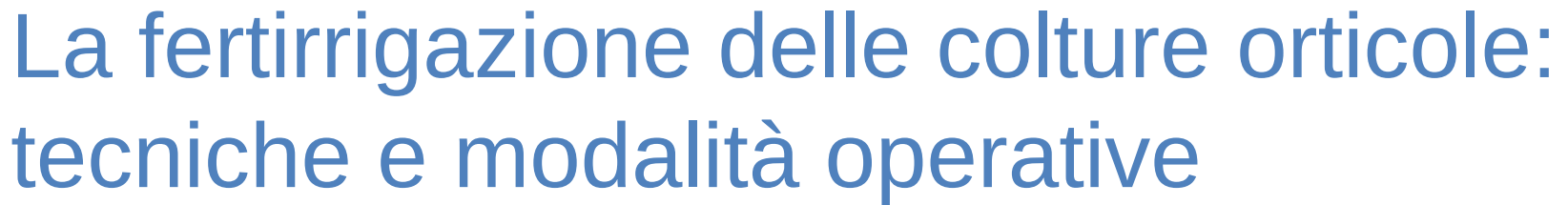


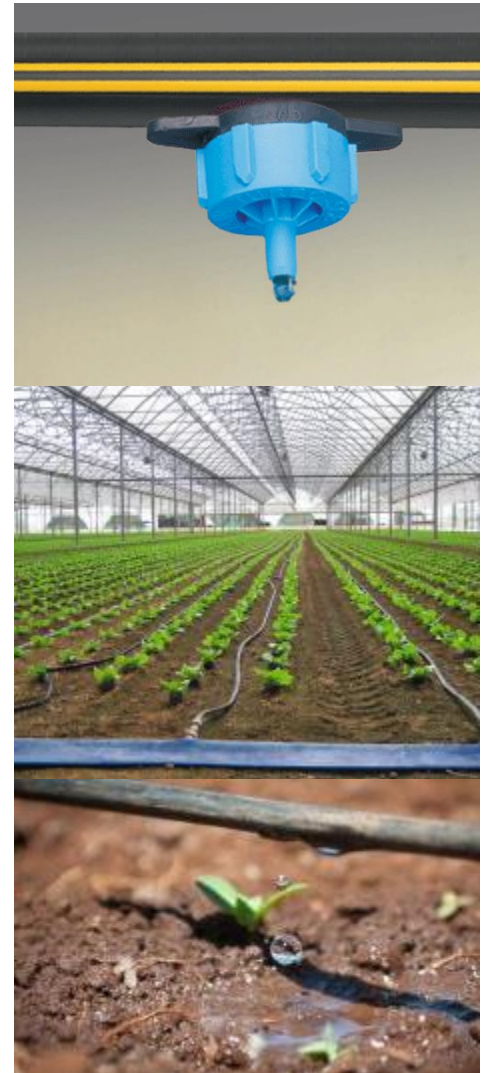


Department of Agronomy Food
Natural resources Animals Environment



sommario

- ☐ introduzione
- ☐ vantaggi e svantaggi
- ☐ efficienza d'uso dei nutrienti e loro gestione
- ☐ fertirrigazione e ortaggi
- ☐ approcci e sistemi gestionali
- ☐ impiantistica
- ☐ software



Fertirrigazione

Una delle più importanti innovazioni di processo che negli ultimi anni hanno interessato il settore orticolo è senza dubbio la fertirrigazione, già largamente impiegata nelle colture di serra ed in rapida diffusione anche per quelle di piena aria, anche se limitatamente a quelle a ciclo primaverile-estivo irrigate a goccia

Fertilizzazione + Irrigazione = fertirrigazione

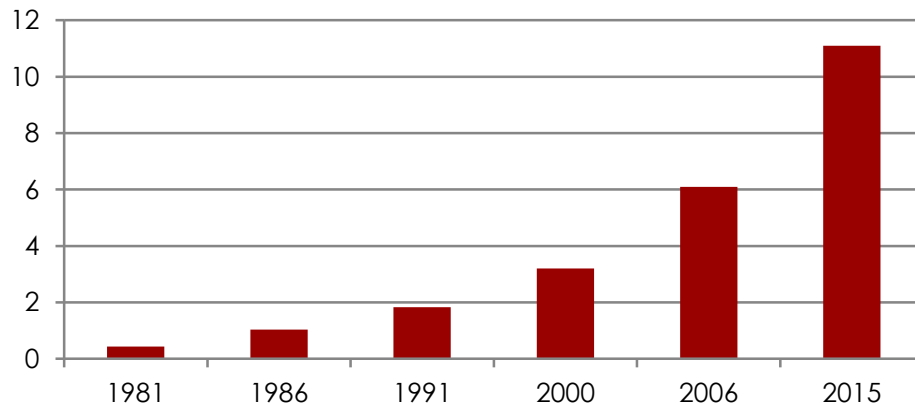


Fertirrigazione

Il primo impiego scientifico della fertirrigazione risale al 1958 negli USA utilizzando sprinklers.

La combinazione con la drip-irrigation è stata applicata per la prima volta in Israele su colture di pomodoro

superficie irrigata con micro-irrigazione (milioni di ha)



Elevata
efficienza
d'uso
dell'acqua
(> 95%)

Sviluppo ed
evoluzione
di nuove
tecnologie
che hanno
ridotto i costi

Incrocci et al., 2017

Fertirrigazione



Fertirrigazione

vantaggi



- ☐ Maggiore efficienza della concimazione
- ☐ Aumento delle rese produttive
- ☐ Minore inquinamento per la riduzione dell'uso e della lisciviazione dei fertilizzanti (azoto)
- ☐ Miglioramento qualitativo della produzione
- ☐ Risparmio di manodopera (operazioni più veloci ed automatizzabili)
- ☐ Possibilità di effettuare interventi correttivi (cura e prevenzione di particolari fisiopatie)
- ☐ Riduzione del consumo di fertilizzante

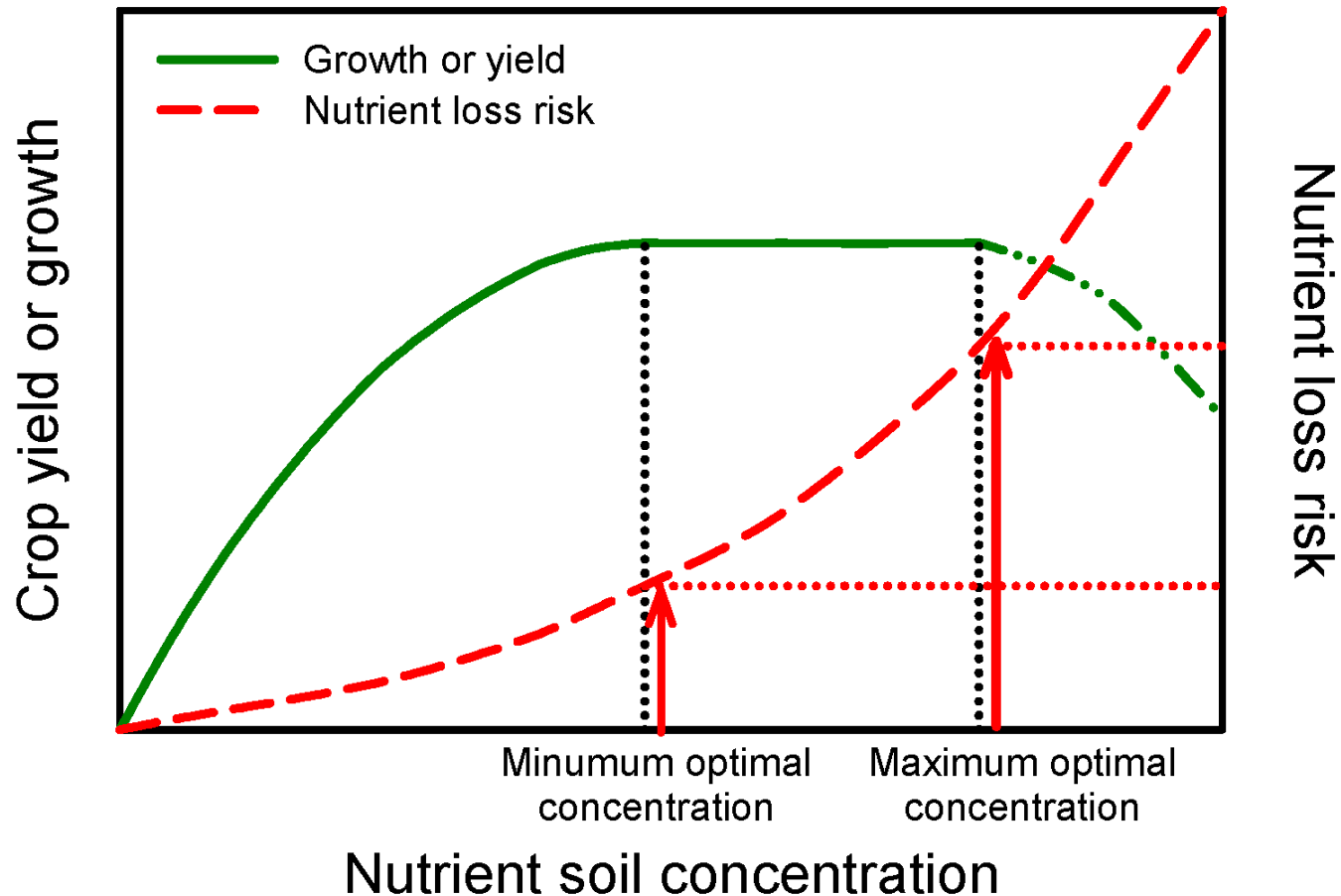
svantaggi



- ☐ costi per gli impianti di miscelazione
- ☐ Maggiore preparazione professionale degli operatori
- ☐ Rischio di una scarsa concimazione di copertura nel caso di stagioni irrigue particolarmente piovose

Fertirrigazione

Relazione tra la concentrazione di nutrienti nel terreno e il rischio di perdite per dilavamento



Fertirrigazione

Efficienza d'uso dei nutrienti (%) tramite fertirrigazione.

Nutrienti	Applicazione nel terreno	Drip irrigation + applicazione nel terreno	Drip irrigation + fertirrigazione
N	30-50	65	95
P ₂ O ₅	20	30	45
K ₂ O	60	60	80

(Fertilizer Marketing News, 2010)



Dinamiche di assorbimento dei nutrienti

Days after Planting	Tomato Greenhouse (kg ha ⁻¹ day ⁻¹)			Lettuce (kg ha ⁻¹ day ⁻¹)		
	N	P	K	N	P	K
1–10	1.00	0.10	2.00	0.15	0.01	0.20
11–20	1.00	0.10	4.00	0.45	0.10	0.50
21–30	1.00	0.10	3.50	3.40	0.50	7.80
31–40	2.00	0.20	3.50	2.20	0.60	8.20
41–50	2.50	0.40	5.50	1.80	0.55	3.20
51–60	2.50	0.60	6.00	-	-	-
61–70	2.50	0.30	4.00	-	-	-
71–80	2.50	0.30	6.00	-	-	-
81–90	1.50	0.30	0.10	-	-	-
91–100	1.50	0.10	0.10	-	-	-
101–110	1.00	0.10	0.10	-	-	-
111–120	1.00	0.10	1.00	-	-	-
121–130	1.50	0.20	1.00	-	-	-
131–150	1.50	0.35	1.30	-	-	-
151–180	4.00	0.50	3.80	-	-	-
181–210	2.00	0.30	3.00	-	-	-
TOTAL (kg ha⁻¹)	450	65	710	110	22	250

Source:

Bar-Yosef et al., 1982

Bar-Yosef e Sagiv, 1982

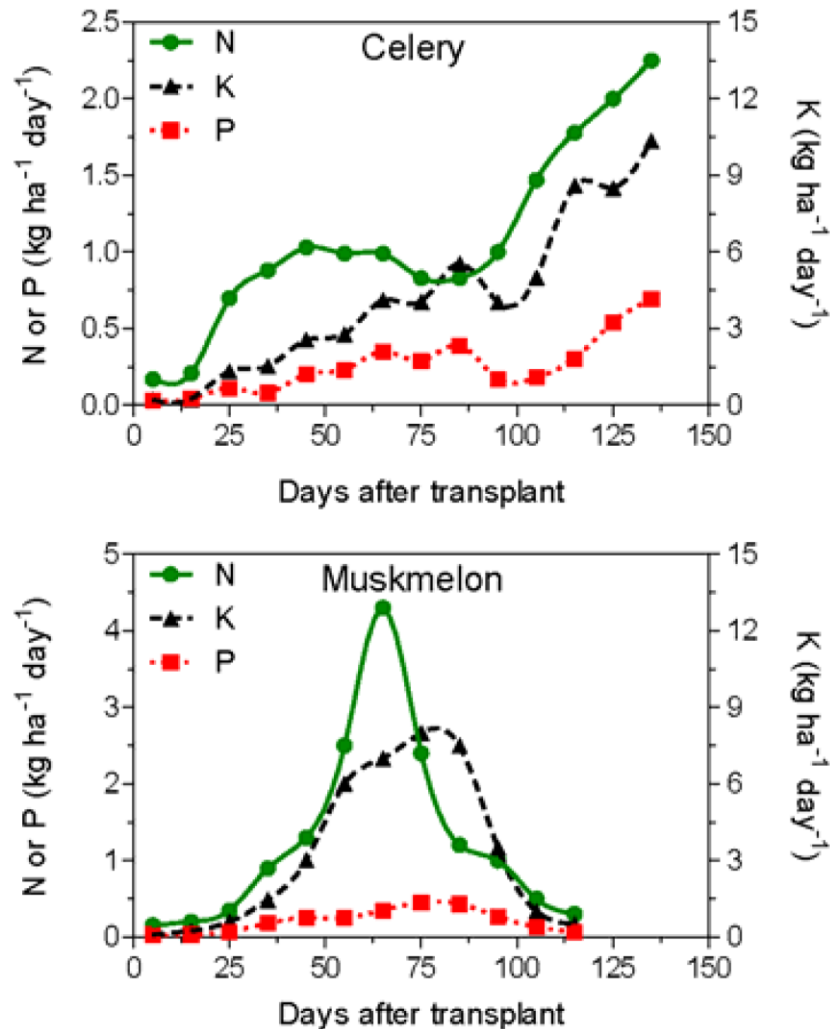


UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Bolzano - 26 giugno 2017

DAFNAE
Department of Agronomy Food
Natural resources Animals Environment

Dinamiche di assorbimento dei nutrienti



**Ortaggi
da foglia**



Diversi patterns relativi alla
dinamica di assorbimento dei
nutrienti da parte di ortaggi da
foglia e da frutto

**Ortaggi
da frutto**



Feigin et al., 1976; Sagiv et al., 1980

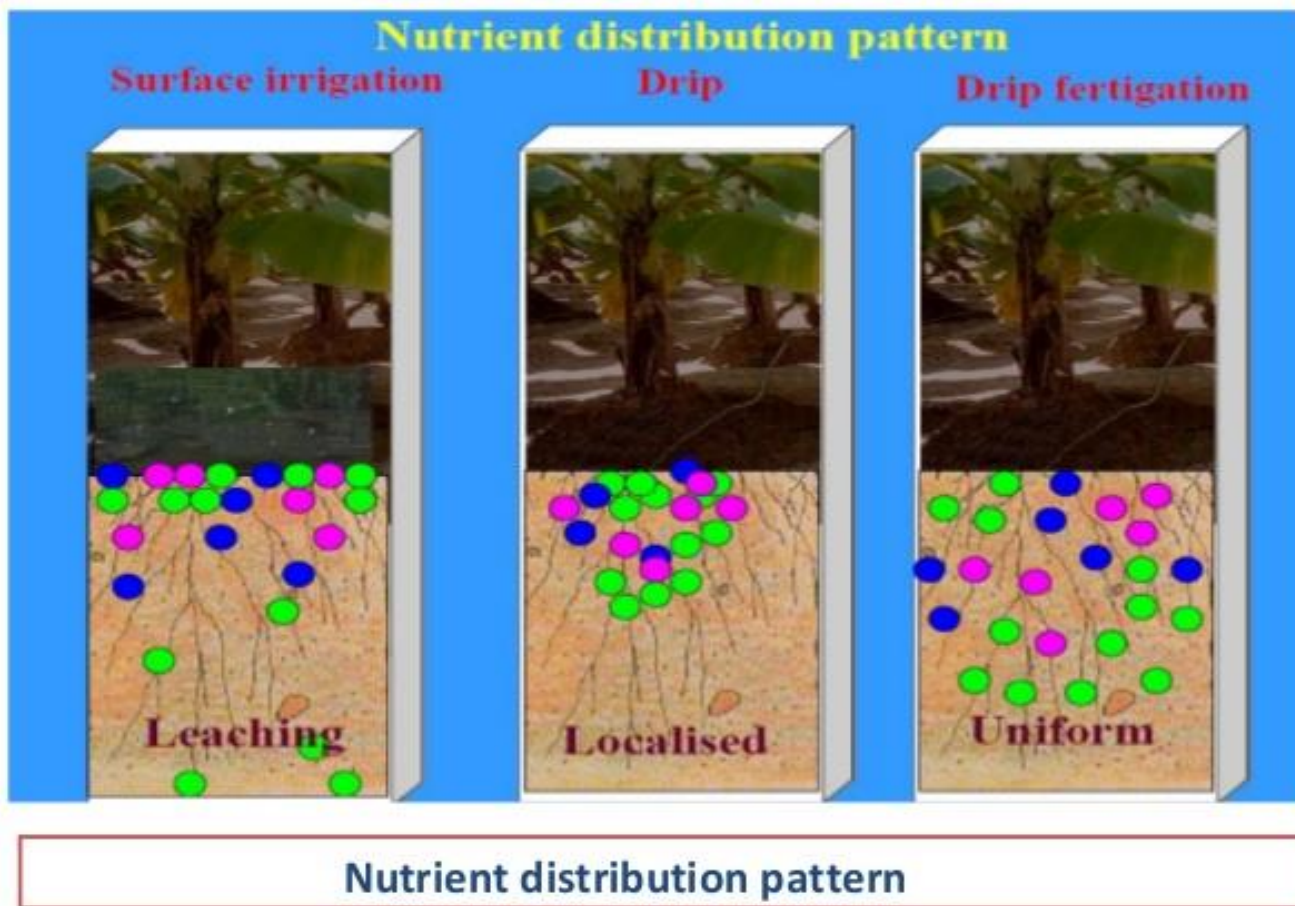
Fertirrigazione e disponibilità dei nutrienti

Table 1. Quantity of $\text{NO}_3\text{-N}$ (mg) in concentric tubes around the source

Depth (cm)	Before fertilizer application			Four weeks after fertilizer application		
	r (cm)			r (cm)		
	0-15	15-30	30-45	0-15	15-30	30-45
0-20	39	214	500	24	367	729
20-40	10	275	310	25	270	568
40-60	14	260	296	29	291	458
60-80	7	132	296	25	133	271
Total for the tube	70	881	1422	103	1061	2126
Total		2373			3290	

(Laher and Avnimelech, 1980)

Fertirrigazione



Duttarganvi, 2013

Fertirrigazione e ortaggi: produttività e qualità

L'impiego di fertirrigazione comporta vantaggi produttivi e qualitativi:

produzione

- aumento qualità visiva e uniformità del prodotto (Titulaer, 1995)
- aumento della produzione in pomodoro (+59.5%) (Mahajan e Singh, 2006)
- riduzione dell'insorgenza di fisiopatie (Battilani, 2008)

qualità nutrizionale

- aumento contenuto di vitamine
- aumento contenuto di minerali (es. calcio 10 volte più assorbito) (Battilani, 2004)
- aumento vitamina B in ortaggi fertirrigati con fertilizzanti organici (Mozafar, 1994)
- strumento utile per la bio-fortificazione [es. tiamina in spinacio (Mozafar, 1994); selenio in sedano, cavolo e pomodoro da mensa (Lee, 1997; Goldman, 2002)]
- strumento per condizionare la qualità nutraceutica del cibo
 apporto di P e K → aumenta il contenuto di licopene in pomodoro (Dumas, 2003)

sicurezza alimentare

- riduzione della carica microbica del prodotto (Battilani, 2008)

Approcci gestionali della soluzione



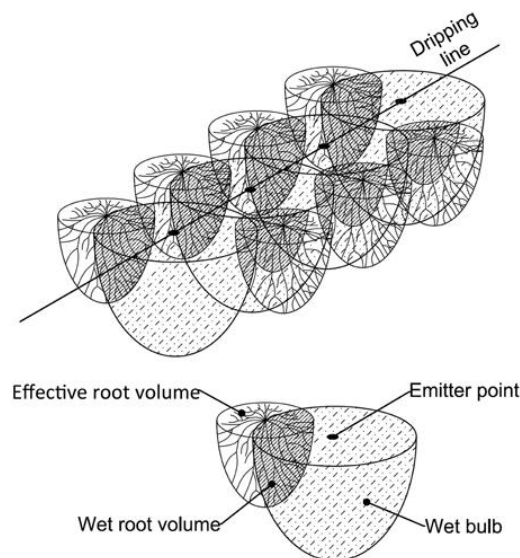
Incrocci et al., 2017

Approcci gestionali della soluzione

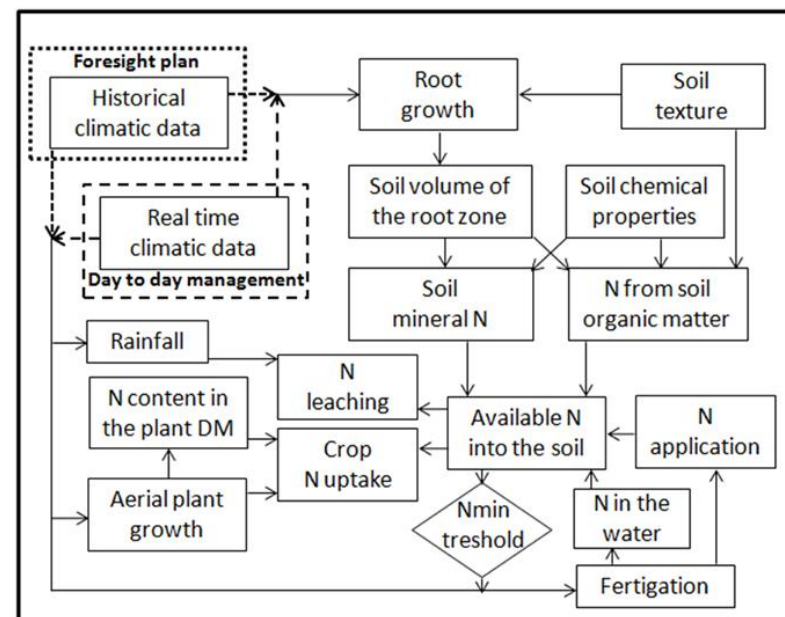
Approccio previsionale

- Modelli di simulazione
- Supporti di gestione basati su simulatori

Esempio GesCoN (Elia e Conversa, 2015)

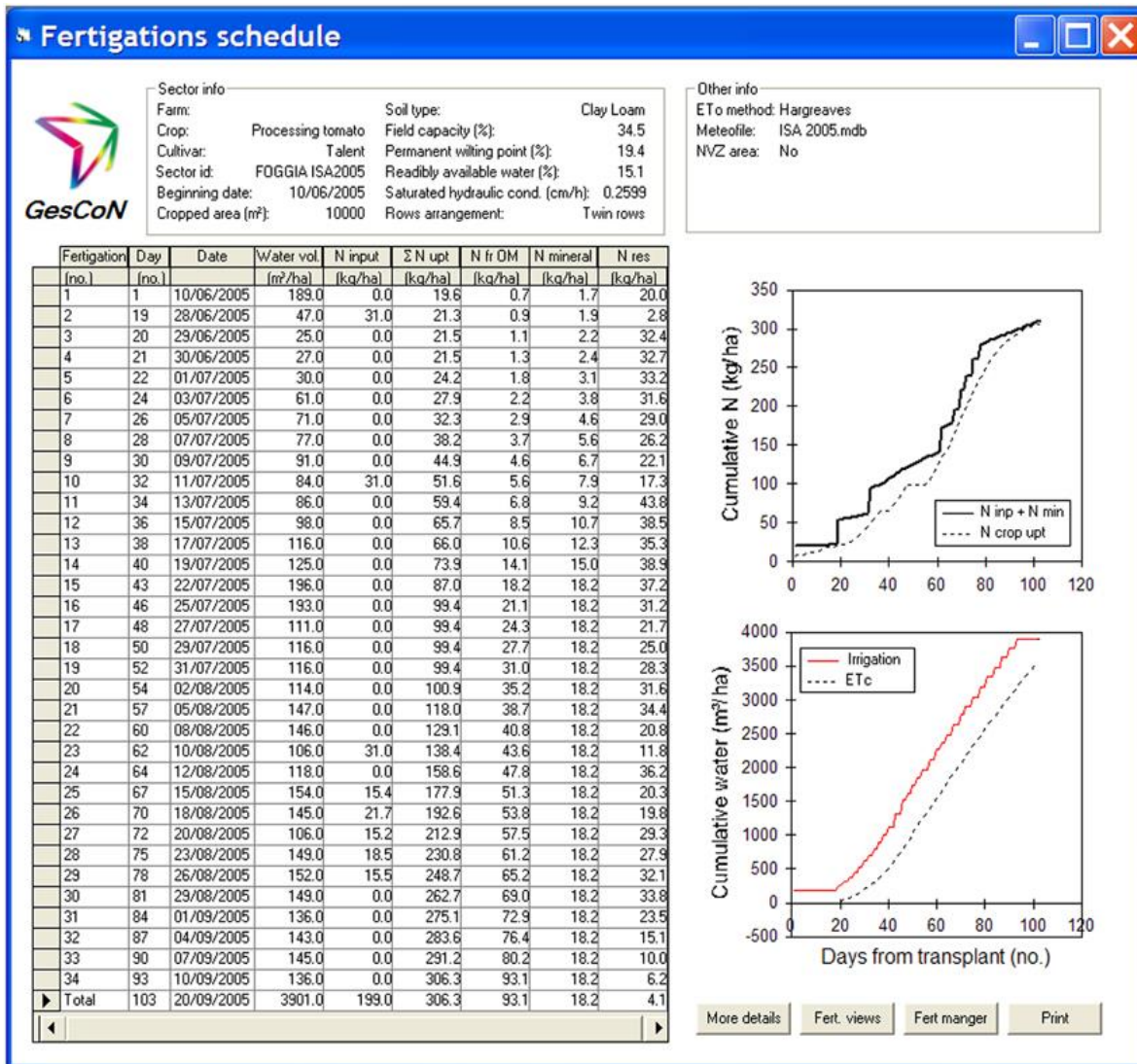


Rappresentazione del modello fisico di simulazione dell'interazione tra apparato radicale e volume di terreno umido usato dal modello



Schema delle principali relazioni considerate per la gestione dell'Azoto da GesCoN

Approcci gestionali della soluzione



Esempio di output finale per la gestione dell'azoto nella fertirrigazione del pomodoro da industria

(Elia e Conversa, 2015)

Approcci gestionali della soluzione

DSS	Main Characteristics	Species	Comparative Trials	Main Results
Cropsyst (Stockle et al. 1994)	PREVISIONALE	Sweet pepper	No	Accurate estimation of the evolution of LAI, ETc, dry matter production, and crop N uptake
		Lettuce, Escarole	No	Acceptable simulation of dry matter and N uptake
EU-Rotate_N (Rahn et al. 2010)	PREVISIONALE	Lettuce, Escarole	Yes	~57% N supply and leaching versus grower's practice
		Tomato	No	Simulation scenarios with different level of N fertilization; model validation on fertigated tomato
		Cucumber, Tomato	No	Optimized N management in greenhouse vegetables
Fertirrigere (Battilani et al. 2006; 2003)	PREVISIONALE	Processing tomato	Yes	About 2-fold higher N use efficiency and 27% decrease in water footprint in comparison with standard growers' practice
VegSyst (Gallardo et al. 2011)	PREVISIONALE	Many vegetable species	No	Accurate estimation of crop biomass production, N uptake and crop ETc
CropManage (Cahn et al. 2013)	PREVISIONALE/CORRETTIVO	Lettuce	Yes	30% reduction of N supplied
GesCoN (Elia et al. 2015)	PREVISIONALE	Tomato	No	Good agreement between simulations and measurements from Italy and Florida (USA)
KNS (Lorenz 1989)	PREVISIONALE/CORRETTIVO	Many vegetables	Yes	~57% N on the average of 21 vegetable crops in comparison with growers' practice
N-Expert (Fink and Scharps 1993)	PREVISIONALE/CORRETTIVO	Spinach, Cauliflower	Yes	~70% N on average
CRA-W (Goffart et al. 2011; 2008)	PREVISIONALE/CORRETTIVO	Potato	Yes	95% of advice met actual crop nutrient requirements

Incrocci et al., 2017



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Bolzano - 26 giugno 2017



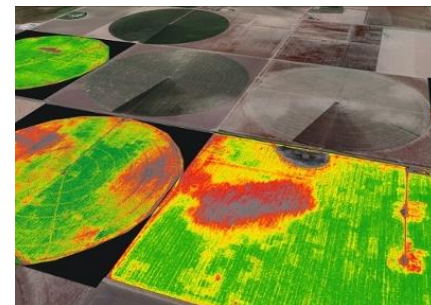
Approcci gestionali della soluzione

Approccio correttivo

- Monitoraggio della coltura (biomassa aerea):

caratteristiche morfometriche

rilevatori ottici di fluorescenza, riflettanza, trasmittanza (es. SPAD, CROP-SCAN); rilevatori NDVI montati su droni
metodi semi-distruttivi su foglie (es. SAP)



Dualex Scientific (FORCE-A, Paris, France)

Fornisce 4 diversi indici collegati alla concentrazione di clorofilla, flavonoidi, antocianine e azoto.

Utile per valutare lo stato nutrizionale della coltura e la presenza di stress



- Monitoraggio dell'area esplorata dalle radici:

analisi di laboratorio

analisi del terreno o dell'estratto acquoso

analisi della soluzione nutritiva acquisita tramite lisimetri

Impiantistica in evoluzione

Impianti di fertirrigazione estremamente diversificati per precisione e costo

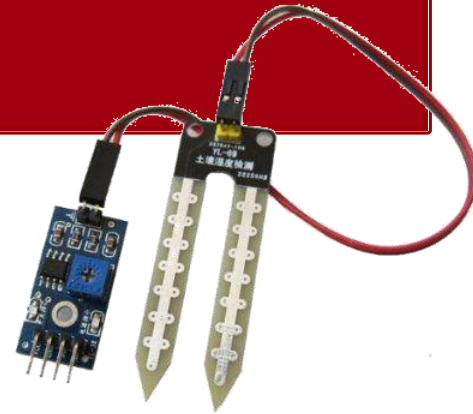


COMPETENZE E GESTIONE



Impiantistica in evoluzione

Confronto tra tipologie di sensori per la misura dell'umidità del suolo

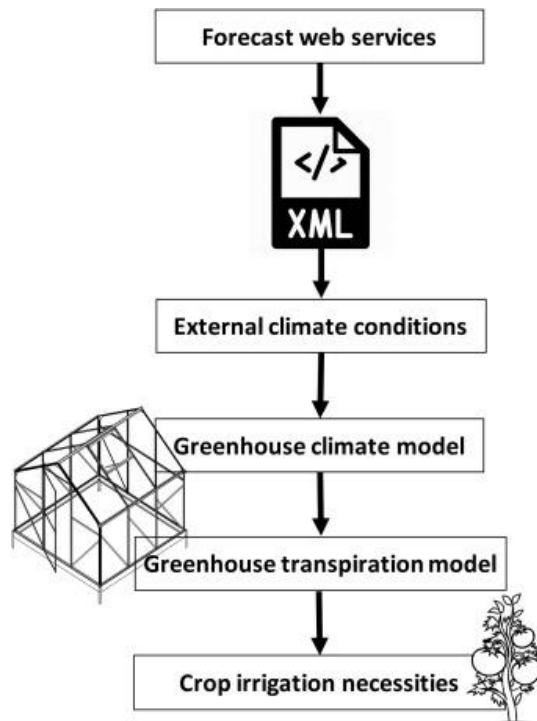


Variabile misurata	Acqua (% volume)		Potenziale matriciale (Ψ_m)			
Sensori	TDR	FDR	tensiometro	blocchetto di gesso	sensore Watermark	pF-meters a ceramica porosa
Range di misurazione	da circa 0 a saturazione		fino a -0.85 bar	fino a -15 bar	fino a -2 bar	fino a -10.000 bar
Precisione	$\pm 2-5\%$	$\pm 2-5\%$	buona	media	buona	molto buona
Tipo di installazione	fissa o mobile	generalment e fissa	fissa			
Costi indicativi	da poche centinaia di euro a diverse migliaia		da 30 a 100 €	circa 20 € a sensore + 400 € per datalogger	circa 40 € a sensore + 300 € per datalogger	circa 800 € a sensore + 1000 € per datalogger

(Costantini et al., 2015)

Sistemi di supporto gestionale: esempio

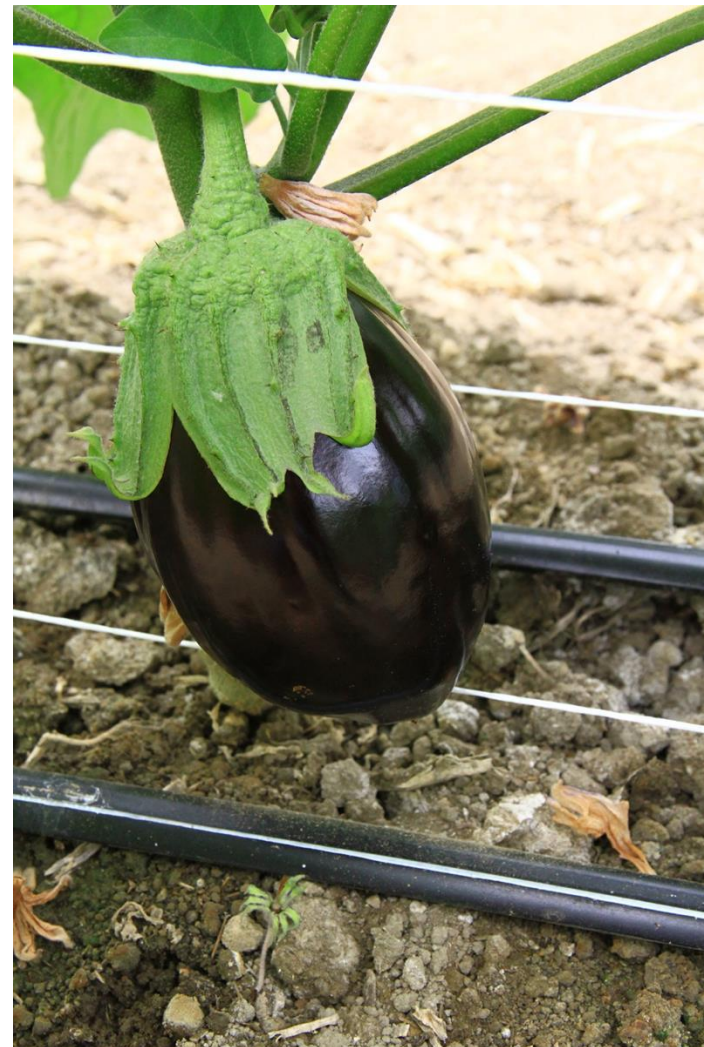
APP per Android
cFertigUAL
(Pérez-Castro et al. 2016)



**Apporto nutrienti
alla coltura**

Conclusioni

- numerosi vantaggi posti da questa tecnica
- aumento delle produzioni e della qualità dei prodotti
- applicazione in diversi ambiti produttivi e per nuove specie
- tecnologia che richiede crescenti competenze ed aumenta la sostenibilità del processo produttivo in base all'efficienza d'uso dei nutrienti e dell'acqua
- tecnologia in continua evoluzione con innovativi sistemi di gestione della soluzione nutritiva
- strumento imprescindibile dell'agricoltura moderna per affrontare le nuove sfide poste dai cambiamenti climatici



Bibliografia

- Incrocci, L., Massa, D., & Pardossi, A. (2017). New Trends in the Fertigation Management of Irrigated Vegetable Crops. *Horticulturae*, 3(2), 37.
- Pardossi, A. & Delli Paoli P. 2003. La fertirrigazione delle colture orticole.
- Pérez-Castro, A., Sánchez-Molina, J. A., Castilla, M., Sánchez-Moreno, J., Moreno-Úbeda, J. C., & Magán, J. J. (2017). cFertigUAL: A fertigation management app for greenhouse vegetable crops. *Agricultural Water Management*, 183, 186-193.
- Mahajan, G., & Singh, K. G. (2006). Response of greenhouse tomato to irrigation and fertigation. *Agricultural water management*, 84(1), 202-206.
- Battilani, A. (2008). Manipulating quality of horticultural crops with fertigation. *Acta Hortic.* 792, 47-59 DOI: 10.17660/ActaHortic.2008.792.3
- Costantini E.A.C., Pellegrini S., Priori S., Vignozzi N. 2015. Il monitoraggio dello stato idrico del suolo. In: Mastroianni M., L'acqua in agricoltura. Ed. New Business Media.